

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

FÁBIO NORIO IASUNAGA

**Primavera Silenciosa: Um estudo sob perspectiva de  
abordagem transdisciplinar na educação química**

Florianópolis – SC

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

FÁBIO NORIO IASUNAGA

**Primavera Silenciosa: Um estudo sob perspectiva de  
abordagem transdisciplinar na educação química**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Licenciatura em Química da  
Universidade Federal de Santa Catarina como  
requisito para obtenção do título de Licenciado  
em Química.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Anelise Maria Regiani

Florianópolis – SC

2017

## RESUMO

O atual modo de raciocinar, sentir e organizar é direcionado pelo meio no qual nos desenvolvemos e nos transformamos em seres humanos. A sociedade nos configura com a predominância atual do cartesianismo (fragmentação, descontextualização, simplificação, redução, objetivismo e dualismo) que passou a organizar todo o sistema social e educacional e conformou o modo de pensar da humanidade nos últimos séculos. Esse modo cartesiano de ser direciona o olhar das pessoas exclusivamente para o que é objetivo e racional, desconsiderando a dimensão da vida e da cotidianidade: a emoção, o sentimento, a intuição, a sensibilidade e a corporeidade. A transdisciplinaridade é uma maneira de se buscar a compreensão do mundo e o sentido da vida através de relações entre os diversos saberes (ciências exatas, humanas e artes) numa democracia cognitiva, onde nenhum saber é mais importante que outro. É uma nova abordagem científica e cultural que busca a unidade do conhecimento para encontrar um sentido para a existência do Universo, uma nova forma de ver e entender a natureza, a vida e a humanidade. A transdisciplinaridade sugere a superação da mentalidade fragmentária, incentivando conexões e criando uma visão contextualizada do conhecimento, da vida e do mundo. O presente trabalho propõe um estudo sobre as potencialidades oferecidas pelo livro *Primavera Silenciosa*, da bióloga estadunidense Rachel Carson, que podem ser utilizadas na educação química de adolescentes do Ensino Médio, o qual nos proporciona a oportunidade de debater sobre o uso dos pesticidas a partir de diferentes ópticas que podem ser conjugadas com aulas transdisciplinares de química, favorecendo as formações científica e crítica do sujeito, constituindo-se numa formação abrangente que faz conexões entre os conteúdos disciplinares e os fenômenos que nos rodeiam, e de que forma se dá a interação entre sujeito e mundo.

Palavras-chave: transdisciplinaridade, educação química, pesticidas.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Objetivo Geral.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>11</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>12</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>15</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>31</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>32</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A forma, tradicional e predominante, como o processo educacional é concebido nos dias atuais, se dá pelo estudo de termos, objetos, pensamentos e teorias de maneira segregada, como se tudo fosse desconectado e isolado do meio que nos cerca. Porém, assim como o corpo humano, em sua complexidade, possui órgãos que, isolados, têm suas funções reduzidas ou cessadas; na educação acadêmica e na escolar, cada disciplina ministrada de maneira isolada tem seu valor reduzido, limitando o olhar daqueles que as estudam para sua amplitude. Transpassar os limites colocados entre as disciplinas, inexistentes quando elas são analisadas a partir de um sistema aberto de conhecimento, é o que a ideia de transdisciplinaridade se propõe a fazer.

Essa ideia vai além do âmbito acadêmico e escolar, devendo estar presente também na vida cotidiana, já que em seu não-reducionismo a transdisciplinaridade consegue englobar a filosofia, a arte, a tradição espiritual e a ciência, todas intrinsecamente existentes no ser humano (GUEDES *et al*, 2010). O conjunto complexo que forma os seres humanos é objeto de estudo transdisciplinar, o mundo que nos rodeia também o é, sendo ele tão complexo quanto os seres que vivem nele, sendo, portanto, questionável que até agora se tenha insistido em estudá-lo segregadamente, entender sua essência completa por métodos incompletos e separatistas.

A disciplinaridade retirou o sentido da vida, preenchendo-o com valores de adaptação ao sistema considerado um modelo a seguir. A educação moderna simplesmente prioriza a dimensão racional tratando de dotar os jovens do necessário para integrar-se e dar continuidade ao sistema. Ao separar o sujeito do objeto, o ser do saber, considera os fenômenos da subjetividade como a emoção, o sentimento, a intuição, a sensibilidade como sendo um aspecto de segunda categoria (SANTOS, 2005).

A fragmentação do conhecimento, que se generaliza e se reproduz por meio da organização social e educacional, tem também configurado o modo de ser e pensar dos sujeitos. A teoria da complexidade e transdisciplinaridade, ao propor a religação dos saberes compartimentados, oferece uma perspectiva de superação desse processo de atomização. A transdisciplinaridade reivindica a centralidade da vida nas discussões planetárias, propondo mudança no sistema de referência e se apoia em três exigências (NICOLESCU, 1999 *apud* SANTOS, 2005):

1. considerar vários níveis de realidade;
2. trabalhar com a lógica do Terceiro Termo Incluído; e
3. abranger a visão da complexidade dos fenômenos.

**Vários níveis de realidade.** O paradigma da modernidade vem se revelando não satisfatório devido à compartimentação do conhecimento. Na relação das partes com o todo, a articulação é que faz a diferença e isso inexiste como foco central na estrutura disciplinar. A transdisciplinaridade é a tentativa de construção de uma conceituação multidimensional, considerando vários níveis de realidade. A vida existe na relação com o meio ambiente, com o todo.

**Lógica do Terceiro Termo Incluído.** Os problemas complexos não se resolvem com a lógica clássica do “falso” e do “verdadeiro”, do “é” ou “não é”. Exigem uma terceira lógica, a da complementaridade dos opostos. E os opostos não são eliminados, eles continuam existindo. Esta lógica não abole a lógica aristotélica do “sim” e do “não”. Apenas não mais se considera a existência de somente dois termos e, sim, três; um terceiro que é o Terceiro Termo Incluído. A lógica do Terceiro Termo Incluído permite cruzamento de diferentes olhares, construindo-se um sistema coerente e sempre aberto, o que nos permite compreender, principalmente, os

fenômenos sociais e políticos. A lógica aristotélica justifica a exclusão do diferente, dando lugar ao fundamentalismo, ao racismo e ao cientificismo, bem como separa o “bem” do “mal”. Por isso se diz que a transdisciplinaridade está “entre”, “através” e “além” das disciplinas. A transdisciplinaridade transgride as fronteiras epistemológicas de cada ciência disciplinar e constrói um novo conhecimento “através” das ciências, um conhecimento integrado em função da humanidade, resgatando as relações de interdependência, pois a vida se constitui nas relações mantidas pelo indivíduo com o meio ambiente.

**Complexidade dos fenômenos.** Reconhecer a complexidade intrínseca aos fenômenos. A vida se manifesta na complexidade das relações que são estudadas separadamente pelas ciências, ciências exatas, biológicas e humanas. A interdependência é um princípio que sustenta a vida nesse planeta. Negar a interdependência entre Ciência e Cultura significa negar o sujeito, dissipando o sentido da vida. A transdisciplinaridade é a dissolução dos discursos homogeneizantes na ciência e na cultura.

Considerando-se os conceitos da transdisciplinaridade e as três exigências nas quais se apoia, o presente trabalho propõe um estudo sobre as potencialidades oferecidas pelo livro *Primavera Silenciosa* (CARSON, 2010) que podem ser utilizadas na educação química de adolescentes do Ensino Médio, de maneira a estimular a criticidade nos estudantes acerca do mundo que nos envolve. O livro, apesar de ter sido lançado em setembro de 1962, aborda questões que ainda são muito discutidas atualmente, principalmente por ONGs e movimentos ambientalistas; à época de seu lançamento, o livro surgiu como uma crítica ao fato de que na época qualquer indústria química de inseticidas e outros derivados sintéticos podiam lançar no meio ambiente o que bem entendessem, sem testes cientificamente comprovados, impulsionados pela chamada Revolução Verde. Ainda nem existia nos EUA a Agência de

Proteção Ambiental, EPA (US Environmental Protection Agency), que veio a surgir somente em 1972, após o presidente John Kennedy abrir investigações federais, seguidas de audiências no senado estadunidense, graças às denúncias eloquentes de Carson. Hoje, o livro é um clássico do movimento de defesa do meio ambiente e influenciou decisivamente várias gerações de cientistas e militantes (CARSON, 2010).

Uma das críticas conduzidas pelo livro é de que os testes realizados pelos fabricantes de pesticidas eram extremamente precários. O erro fundamental é que se testava o efeito sobre algum tipo de inseto ou erva daninha, isoladamente em laboratório, mas na natureza e no mundo exterior aos assépticos laboratórios existe uma cadeia ecológica. Se os insetos morrem, os pássaros que se alimentam deles também desaparecem. Se as minhocas que rastejam nos campos bombardeados por pulverização aérea são contaminadas, os animais maiores que se alimentam dela também são intoxicados. E assim a contaminação acaba atingindo todo o nicho ecológico, inclusive o topo da pirâmide da cadeia alimentar, os seres humanos. Uma vez desequilibrada a cadeia de presas e predadores, a volta à normalidade pode ser demorada.

A Escola de Jornalismo de Nova York considerou o livro uma das melhores reportagens investigativas do século XX. E o jornal inglês The Guardian colocou Rachel Carson no primeiro lugar entre as cem pessoas que mais contribuíram para a defesa do meio ambiente em todos os tempos. O grande feito de Carson foi traduzir toda a literatura científica disponível à época, numa brilhante obra literária de denúncia e divulgação científica. Foi seu gênio literário que juntou toda essa munição científica bibliográfica pela primeira vez, tornando-a acessível ao grande público leigo, e disparando as primeiras e ruidosas vozes na guerra dos ecólogos contra a toda poderosa indústria química (CARSON, 2010).

Para realizar o estudo do livro, e extração de suas potencialidades, baseou-se na



estratégia de leitura proposta por Solé (SOLE, 1998), na qual o modelo interativo de leitura não se centra exclusivamente no texto nem no leitor, embora atribua grande importância ao uso que este faz dos seus conhecimentos prévios para a compreensão do texto. O leitor utiliza simultaneamente seu conhecimento do mundo e seu conhecimento do texto para construir uma interpretação sobre aquele. Do ponto de vista do ensino, as propostas baseadas nesta perspectiva ressaltam a necessidade de que os estudantes aprendam a processar o texto e seus diferentes elementos, assim como as estratégias que tornarão possível sua compreensão. Paralelamente, é necessário dominar as habilidades de decodificação e aprender as distintas estratégias que levam à compreensão. Também se supõe que o leitor seja um processador ativo do texto, e que a leitura seja um processo constante de emissão e verificação de hipóteses que levam à construção da compreensão do texto e do controle desta compreensão.

Pesquisadores concordam em considerar que as diferentes explicações podem ser agrupadas em torno dos modelos hierárquicos ascendente, *bottom up*, e descendente, *top down*.

No primeiro se considera que o leitor, perante o texto, processa seus elementos componentes, começando pelas letras, continuando com as palavras, frases, etc, em um processo ascendente, sequencial e hierárquico que leva à compreensão do texto. As propostas de ensino baseadas neste modelo atribuem grande importância às habilidades de decodificação, pois consideram que o leitor pode compreender o texto porque pode decodificá-lo totalmente. É um modelo centrado no texto e que não pode explicar fenômenos tão correntes como o fato de que continuamente inferimos informações e mesmo o de que possamos compreender um texto sem necessidade de entender em sua totalidade cada um dos seus elementos.

O modelo descendente afirma o contrário: o leitor não procede letra por letra, mas usa seu conhecimento prévio e seus recursos cognitivos para estabelecer antecipações sobre o

conteúdo do texto, fixando-se neste para verificá-las. Quanto mais informação possuir um leitor sobre o texto, menos precisará se fixar nele para construir uma interpretação. Assim, o processo de leitura também é hierárquico, mas descendente: a partir das hipóteses e antecipações prévias, o texto é processado para sua verificação. As propostas de ensino geradas por este modelo enfatizam o reconhecimento global de palavras em detrimento das habilidades de decodificação.

Mediante o exposto, este trabalho pretende responder à seguinte questão de pesquisa: Quais temas e conteúdos o livro *Primavera Silenciosa* oferece que possam ser estudados no ensino médio, na educação química, por meio da abordagem transdisciplinar?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

- A partir da leitura crítica do livro *Primavera Silenciosa*, da autora Rachel Carson, estudar as potencialidades oferecidas que podem ser utilizadas na educação química, com abordagem transdisciplinar, de adolescentes do Ensino Médio.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Extrair potenciais temas e/ou conteúdos que possam ser estudados, de forma transdisciplinar, em salas de aula em turmas do Ensino Médio;

- Indicar caminhos de como o livro pode ser utilizado para estimular a reflexão crítica nos estudantes sobre a utilização excessiva de pesticidas;

- Sugerir uma educação em Química conectada com o mundo real, englobando aspectos históricos, culturais, econômicos, sociais e ambientais.

### 3. METODOLOGIA

O livro *Primavera Silenciosa* proporciona um grande potencial de exploração de temas que podem ser abordados em uma educação química em nível médio de escolaridade. Como destaca Gonçalves (GONÇALVES, 2014), a utilização da literatura pode favorecer uma formação cultural mais ampla para os estudantes, defendendo um olhar não reducionista em torno do livro nem a visão utilitarista da literatura no ensino de química.

Segundo Zanetic (ZANETIC, 2006), em função do impacto que as ciências exatas provocaram na face do mundo contemporâneo, é natural que haja uma valorização na difusão do pensamento científico, entretanto não devemos reforçar uma visão de mundo que supervalorize o pensamento científico em detrimento de outras formas de saber e conhecer.

Acredito que a física, bem como as outras ciências, bem trabalhada na escola, pode muito bem ser um instrumento útil tanto para o pensador diurno, dominado pelo pensamento e discurso racionais, quanto para o pensador noturno, marcado pelo pensamento imaginário e sonhador. A grande ciência, que nos seus momentos criativos de ruptura nasce do encontro dessas duas vertentes, tem tudo para satisfazer o pensador que apela para o fantástico, para a imaginação, para o voo do espírito. (ZANETIC, 2006, p. 69)

O livro foi lido segundo o modelo de leitura interativa proposta por Solé (SOLÉ, 1998), a leitura foi executada em duas etapas, a primeira para apreensão do seu conteúdo literário, seguindo o modelo hierárquico ascendente, e a segunda, dirigida e conceitualmente enriquecida, de acordo com o modelo hierárquico descendente, para extração de potenciais conteúdos e/ou temas que possam ser trabalhados em aulas de química no ensino médio de maneira transdisciplinar.

As questões relacionadas à utilização dos pesticidas podem ser abordadas sob diferentes ópticas: políticas, econômicas, históricas, químicas, culturais e ambientais, e não podem ser dissociadas umas das outras, consideradas como fenômenos isolados, e o que a

transdisciplinaridade se propõe em fazer é integrar essas questões, conectadas a diversas áreas de conhecimento, em um sistema de ensino aberto que transpassa as fronteiras criadas pelas disciplinas, respeitando e levando em consideração aspectos idiossincráticos dos sujeitos-alvo do sistema educacional, para que o processo de construção do pensamento científico e crítico se dê da maneira mais natural possível.

A transdisciplinaridade é complementar à aproximação disciplinar, faz emergir da confrontação das disciplinas dados novos que as articulam entre si; oferece-nos uma nova visão da natureza e da realidade. A transdisciplinaridade não procura o domínio sobre as várias disciplinas, mas a abertura de todas elas àquilo que as transpassa.

A pluridisciplinaridade diz respeito ao estudo de um objeto de uma mesma e única disciplina por várias disciplinas ao mesmo tempo; com isso, o objeto será enriquecido pelo cruzamento de várias disciplinas. Em outras palavras, a abordagem pluridisciplinar ultrapassa as disciplinas, mas sua finalidade continua inscrita na estrutura da pesquisa disciplinar. A interdisciplinaridade diz respeito à transferência de métodos de uma disciplina a outra; como a pluridisciplinaridade, a interdisciplinaridade ultrapassa as disciplinas, mas sua finalidade também permanece inscrita na pesquisa disciplinar. A transdisciplinaridade diz respeito àquilo que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina; seu objetivo é a compreensão do mundo presente, para o qual um dos imperativos é a unidade do conhecimento (LITTO & MELLO, 1999).

Embora a transdisciplinaridade não seja uma nova disciplina, alimenta-se da pesquisa disciplinar que, por sua vez, é iluminada de maneira nova e fecunda pelo conhecimento transdisciplinar; neste sentido, as pesquisas disciplinares e transdisciplinares não são antagonistas mas complementares. A pesquisa disciplinar diz respeito a um único e mesmo nível de realidade, na maioria dos casos, a fragmentos de um único e mesmo nível de realidade; por outro lado, a transdisciplinaridade se interessa pela dinâmica gerada pela ação

de vários níveis de realidade ao mesmo tempo. Aliás, a metodologia da pesquisa transdisciplinar é determinada pelos três pilares da transdisciplinaridade: vários níveis de realidade, a lógica do terceiro termo incluído e a complexidade dos fenômenos.

Muitos autores já relataram a utilização da literatura em aulas de ciências com êxito (ZANETIC, 2005; ZANETIC, 2006; FERREIRA e RABONI, 2013; GONÇALVES, 2014) e, sem dúvida, serão de grande importância na contribuição para a construção do embasamento teórico na elaboração deste estudo.

No entanto, sempre aprendi muito por meio da leitura das grandes obras de cientistas, romancistas, poetas, filósofos e historiadores, mesmo quando distantes de suas especialidades mais específicas, não como se fossem “donos da verdade”, mas como indivíduos de extrema sensibilidade que produziram reflexões que podem nos auxiliar no diálogo inteligente com o espaço-tempo em que vivemos. (ZANETIC, 2006, p. 56)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O assunto principal de que o livro trata é a questão do uso em larga escala e indiscriminadamente dos pesticidas, sejam inseticidas, herbicidas ou fungicidas, tanto com utilização agrícola como em residências e nas cidades. A autora aborda as consequências de seus usos em relação ao solo, à água e ao ar, e toda vida que compõe esses elementos, minhocas, larvas, insetos, aves, peixes, animais terrestres, mamíferos de grande porte e seres humanos, e de que forma o equilíbrio natural das espécies é afetado.

O estudo dos inseticidas orgânicos sintéticos pode ser iniciado pelo aspecto histórico do seu surgimento, que se deu na época da Segunda Guerra Mundial, onde, durante o desenvolvimento de agentes para serem usados na guerra química, descobriu-se que algumas substâncias criadas em laboratório eram letais aos insetos, durante pesquisas em que insetos eram amplamente utilizados para testar certas substâncias como agentes letais aos seres humanos. Estas substâncias artificiais, produzidas por manipulações de moléculas em laboratório, envolvendo a substituição de átomos ou a alteração da sua disposição, eram profundamente diferentes dos inseticidas dos tempos anteriores à guerra, sendo que estes eram produtos derivados de minerais e de plantas encontrados na natureza. Eram compostos inorgânicos de arsênico, cobre, manganês, zinco e outros minerais; outros continham píreto extraído das flores secas do crisântemo, sulfato de nicotina, provenientes do tabaco, e rotenona, extraídas de plantas leguminosas das Índias Orientais.

Os inseticidas orgânicos sintéticos podem ser divididos em duas famílias distintas: os hidrocarbonetos clorados, provenientes da substituição de um ou mais átomos de hidrogênio por átomos de cloro em cadeias carbônicas de hidrocarbonetos, são insolúveis ou muito pouco solúveis em água, porém solúveis em ácidos graxos como óleos e gorduras e, nas CNTPA, apresentam-se no estado sólido na forma de pó branco; e os fosfatos orgânicos, derivados de

ésteres orgânicos de ácido fosfórico. Em relação à primeira família de inseticidas, o mais conhecido, e protagonista do livro, é o diclorodifeniltricloroetano, mais conhecido por sua sigla DDT, foi sintetizado pela primeira vez em 1874, mas suas propriedades como inseticida só foram descobertas em 1939, pelo químico suíço Paul Hermann Müller, a qual lhe rendeu o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1948 (CARSON, 2010).

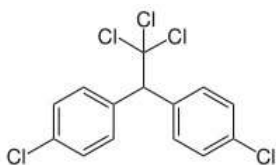


Figura 1. Fórmula estrutural do DDT  
Fonte: Wikipédia

O DDT foi largamente utilizado durante a Segunda Guerra Mundial para combater insetos transmissores de doenças como a malária, o tifo e a febre amarela, além, também, de ter sido borrifado diretamente sobre milhares de soldados, refugiados e prisioneiros para combater o piolho. Acreditava-se que como tantas pessoas tiveram um contato tão íntimo com o DDT e não sofreram efeitos maléficos imediatos, que o produto devia ser inofensivo. O estado físico do DDT, nas CNTPA, é sólido, possui ponto de fusão a 108,5 °C, ponto de ebulição a 260 °C, densidade de 0,99 g.cm<sup>-3</sup> e massa molar igual a 354,49 g.mol<sup>-1</sup> (CETESB, 2017). Na forma de pó não é prontamente absorvido pela pele, mas dissolvido em óleo, como costuma ser usado, é altamente tóxico; caso seja ingerido, é absorvido lentamente pelo aparelho digestivo, podendo ser também absorvido pelos pulmões; devido à sua solubilidade, é armazenado principalmente em órgãos ricos em substâncias graxas, como glândulas adrenais (suprarrenais), testículos e tireoide, e quantidades elevadas são depositadas no fígado, nos rins e no mesentério, membrana protetora que envolve os intestinos.

O equívoco em relação à inofensividade do DDT na época, deve-se ao fato de que sintomas nocivos decorrentes da sua absorção pelo organismo não se dá no curto prazo,



podendo demorar décadas até que se manifeste. Esse armazenamento de DDT começa com a menor ingestão da substância, que era encontrada como resíduo nos alimentos, ou seja, em proporção baixíssima, e continua até serem atingidos níveis altos. Os depósitos graxos do organismo atuam como amplificadores biológicos, de modo que uma ingestão tão pequena quanto a de 0,1 parte por milhão na dieta resulta em um armazenamento de cerca de 10 a 15 partes por milhão, um aumento de cem vezes ou mais.

O veneno também pode ser transmitido da mãe para os filhos. Foram encontrados resíduos de inseticida no leite humano em amostras testadas pelos cientistas da FDA. Isso significa que os bebês alimentados no peito estão recebendo acréscimos pequenos mas regulares à carga de substâncias químicas tóxicas que se acumulam em seu corpo. Esta não é, de forma alguma, sua primeira exposição, contudo: há bons motivos para se acreditar que a exposição se inicie quando o bebê ainda está no útero [...] Essa situação significa também que, atualmente, é quase certo que o indivíduo médio comece a vida já com um primeiro depósito da carga cada vez maior de produtos químicos que seu corpo será obrigado a carregar daí em diante. CARSON, 2010, p. 35)

Outro inseticida da família dos hidrocarbonetos clorados, o clordano, tem todos os atributos do DDT mais alguns outros que lhe são peculiares. Seus resíduos permanecem durante um longo tempo no solo, nos alimentos e nas superfícies em que foi aplicado; utiliza-se de todas as entradas disponíveis para penetrar no corpo, podendo ser absorvido pela pele, aspirado e absorvido pelo aparelho digestivo caso os resíduos sejam ingeridos. Como todos os hidrocarbonetos clorados, seus depósitos se acumulam no corpo progressivamente. O estado físico do clordano, nas CNTPA, é sólido, possui ponto de fusão a 106 °C, densidade de 1,60 g.cm<sup>-3</sup>, massa molar igual a 409,78 g.mol<sup>-1</sup> e decompõe-se antes que atinja o ponto de ebulição (CETESB, 2017). O clordano é bioconcentrado em mariscos, peixes marinhos e de água doce, com biomagnificação em peixes predadores.

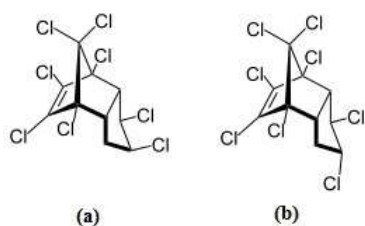


Figura 2. Fórmula estrutural do clordano. (a) (α)cis-clordano e (b) (β)trans-clordano  
Fonte: Wikipédia

O clordano faz parte da lista de poluentes orgânicos persistentes (POPs) da Convenção de Estocolmo, um tratado internacional para garantir a eliminação segura destes poluentes e limitar sua produção e uso. O clordano é muito resistente à degradação química e biológica, apresentando pouca mobilidade e migração. A volatilização é o principal mecanismo de dissipação dos solos, no entanto, o composto pode ser lixiviado para a água subterrânea, podendo contaminar sedimentos de corpos de água pela erosão de solos tratados com este inseticida. No ar, o clordano existe principalmente na fase de vapor e é degradado por fotólise e reação com radicais hidroxila.

A julgar-se pela descuidada liberalidade com que o clordano é misturado aos pós para o tratamento dos gramados dos moradores de subúrbios norte-americanos [...] O fato de que o morador do subúrbio não é afetado instantaneamente não significa muito, porque as toxinas podem permanecer por muito tempo dormentes em seu corpo e manifestarem-se meses ou anos depois em uma doença obscura cuja origem é quase impossível de identificar. Por outro lado, a morte pode ocorrer subitamente [...] Não há nenhuma garantia de que se identifique o problema com uma antecedência que possibilite que um tratamento seja efetuado a tempo. (CARSON, 2010, p. 36)

Outros venenos organoclorados estão entre os mais letais de todos os hidrocarbonetos, são o dieldrin, o aldrin e o endrin. O dieldrin, possui massa molar igual a  $380,91 \text{ g.mol}^{-1}$ , densidade de  $1,75 \text{ g.cm}^{-3}$ , ponto de fusão a  $176\text{-}177 \text{ }^{\circ}\text{C}$  e decompõe-se antes que atinja o ponto de ebulição (CETESB, 2017), é cerca de cinco vezes mais tóxico que o DDT quando ingerido, mas até quarenta vezes mais tóxico quando absorvido pela pele em solução; provoca rápido ataque ao sistema nervoso, causando convulsões nas vítimas, devido à longa duração e

persistência, seus efeitos são considerados crônicos, incluindo severos danos ao fígado. O dieldrin surgiu como um substituto ao DDT na tarefa de controle da malária, uma vez que os mosquitos transmissores da malária haviam-se tornado resistentes ao DDT, e assim que começou a ser utilizado surgiram graves casos de envenenamento entre os trabalhadores que faziam a pulverização.

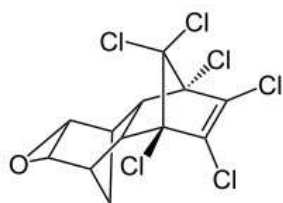


Figura 3. Fórmula estrutural do dieldrin  
Fonte: Wikipédia

A longa duração de seus resíduos e a eficaz ação inseticida tornam a dieldrina um dos inseticidas mais usados atualmente, apesar da destruição aterradora da fauna selvagem que costuma se seguir a seu uso [...] Há imensas lacunas em nosso conhecimento sobre como a dieldrina é armazenada ou distribuída no corpo, ou excretada, pois a engenhosidade dos químicos para criar inseticidas há muito tempo ultrapassou o conhecimento biológico sobre a forma como esses venenos afetam os organismos vivos. Entretanto, há indicações de sobra a respeito do prolongado armazenamento no corpo humano, onde os depósitos podem permanecer dormentes como um vulcão inativo, prestes a entrar em erupção em períodos de estresse fisiológico, quando o corpo recorre às suas reservas de gordura. (CARSON, 2010, p. 37)

O aldrin, massa molar igual a  $364,93 \text{ g.mol}^{-1}$ , densidade de  $1,60 \text{ g.cm}^{-3}$ , ponto de fusão a  $104^\circ\text{C}$  e decompõe-se antes que atinja o ponto de ebulição (CETESB, 2017), também é extremamente tóxico, e produz alterações degenerativas no fígado e nos rins. Mesmo que não estejam mais sendo utilizados, o aldrin e o dieldrin ainda podem ser encontrado no ambiente devido à alta persistência. O aldrin é convertido em dieldrin sob a ação da luz solar e de bactérias, desse modo, o dieldrin é predominante no ambiente, mesmo que a substância utilizada tenha sido o aldrin. Ambos os compostos podem ser encontrados na atmosfera a partir de arraste pelo vento por aplicação na lavoura, evaporação de águas contaminadas e adsorção a partículas em suspensão, uma vez na atmosfera, esses compostos podem ser

convertidos em fotoaldrin ou fotodieldrin, produtos da degradação do aldrin e do dieldrin por radiação solar. No solo, o aldrin pode evaporar lentamente ou sofrer oxidação, originando o dieldrin; e na água, a degradação destes compostos é lenta e eles tendem a se acumular no sedimento, suas presenças em águas subterrâneas não é comum devido à resistência que eles possuem à lixiviação do solo. Tanto o aldrin quanto seu principal produto de degradação são altamente lipossolúveis, juntamente à alta persistência, faz com que possuam uma grande capacidade de bioacumulação e biomagnificação.

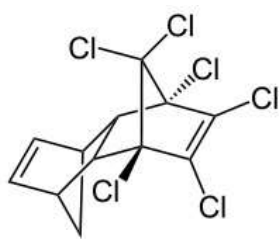


Figura 4. Fórmula estrutural do aldrin.  
Fonte: Wikipédia

A aldrina, como a maioria das substâncias desse grupo de inseticidas, projeta uma sombra ameaçadora sobre o futuro: a sombra da esterilidade [...] Por uma ou outra causa, as novas gerações sofrem pelo envenenamento dos pais. Ninguém sabe se o mesmo efeito se produzirá nos seres humanos, mas essa substância química tem sido pulverizada de aviões sobre áreas suburbanas e plantações. (CARSON, 2010, p.38)

O endrin, massa molar igual a  $380,91 \text{ g.mol}^{-1}$ , densidade de  $1,77 \text{ g.cm}^{-3}$ , ponto de fusão a  $200^\circ \text{C}$  e decompõe-se antes que atinja o ponto de ebulição (CETESB, 2017), é o mais tóxico de todos os hidrocarbonetos clorados, sendo cinco vezes mais venenoso que o dieldrin, quinze vezes mais venenoso que o DDT em mamíferos, trinta vezes mais venenoso em peixes e até trezentas vezes mais venenoso em certos pássaros. O endrin não é muito solúvel em água, porém quando em solução aquosa, liga-se fortemente às partículas do sedimento, concentrando-se nele. É encontrado em níveis reduzidos em águas subterrâneas e superficiais,

e na atmosfera após a nebulização de culturas agrícolas, neste meio apresenta tempo de meia-vida de poucos dias, contudo a persistência da substância no ambiente depende das condições locais e estimativas indicam que o endrin pode permanecer no solo por mais de dez anos. Os mecanismos de decomposição no meio ambiente incluem fotodecomposição e degradação bacteriana, essa última depende da presença de espécies microbianas apropriadas e condições propícias do solo.

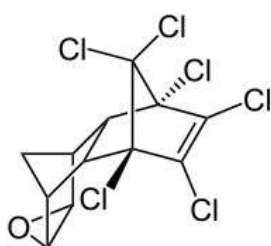


Figura 5. Fórmula estrutural do endrin  
Fonte: Wikipédia

A endrina é o mais tóxico de todos os hidrocarbonetos clorados. Embora quimicamente mais próxima da dieldrina, uma leve torção em sua estrutura molecular torna-a cinco vezes mais venenosa. Isso faz com que o ancestral de todo esse grupo de inseticidas, o DDT, pareça quase inofensivo em comparação [...] Na década em que foi isada, a endrina matou uma quantidade enorme de peixes, envenenou fatalmente o gado que transitava pelos pomares borrifados, envenenou poços e levou a uma séria advertência de pelo menos um departamento estadual de saúde nos Estados Unidos de que seu uso imprudente estava colocando vidas humanas em perigo. (CARSON, 2010, p. 38)

Os inseticidas compostos de fosfatos orgânicos agem nos organismos dos seres vivos pela habilidade de destruir enzimas que exercem funções necessárias no corpo; seu alvo é o sistema nervoso que, sob condições normais, transmite um impulso de neurônio a neurônio com a ajuda de um transmissor químico chamado acetilcolina, uma substância que exerce uma função essencial e depois é destruída pelo organismo, essa natureza transitória é necessária para o funcionamento normal do corpo. Se a acetilcolina não for destruída assim que o impulso nervoso tenha sido transmitido, os impulsos continuam sendo enviados através da ponte entre os neurônios, e a substância exerce seus efeitos de forma cada vez mais intensa

e os movimentos do corpo tornam-se descoordenados: ocorrem tremores, espasmos musculares e convulsões, até levar à morte.

Uma enzima protetora chamada acetilcolinesterase é a responsável em destruir a acetilcolina uma vez que esta não seja mais necessária, dessa forma um equilíbrio é alcançado e o corpo não acumula uma quantidade perigosa de acetilcolina, porém, em contato com inseticidas a base de fósforo esta enzima é destruída, como a quantidade de enzima se reduz, a da substância química transmissora aumenta; os compostos de fósforo orgânico se assemelham ao veneno alcaloide muscarina, altamente tóxico, encontrado em cogumelos *Amanita muscaria*.

Em relação aos pesticidas da família dos fosfatos orgânicos, destacam-se o parathion e o malathion. O primeiro, é um dos fosfatos orgânicos mais amplamente usados, é também um dos mais poderosos e perigosos. Ao contrário dos hidrocarbonetos clorados, as substâncias químicas deste grupo se decompõe com bastante rapidez; seus resíduos nos produtos agrícolas em que são aplicados apresentam uma vida relativamente curta, apesar disso, eles duram tempo suficiente para criar riscos e produzir consequências que vão do grave ao fatal. O parathion possui massa molar igual a  $291,3 \text{ g.mol}^{-1}$ , densidade de  $1,269 \text{ g.cm}^{-3}$  a  $25^\circ\text{C}$ , ponto de fusão a  $6^\circ\text{C}$  e decompõe-se antes que atinja o ponto de ebulição, possui baixa solubilidade em água, cerca de  $24 \text{ mg.L}^{-1}$ , porém alta solubilidade em solventes orgânicos, é extremamente tóxico e quando ingerido, os sintomas aparecem rapidamente, possui dose letal  $\text{LD}_{50} = 2 \text{ mg.kg}^{-1}$  em ratos por ingestão oral (SINTER).

Um químico, pensando em descobrir do modo mais direto possível a dose dessa substância que seria agudamente tóxica pra os seres humanos, ingeriu uma quantidade mínima, equivalente a cerca de 0,115 g. a paralisia seguiu-se tão instantaneamente que ele não conseguiu pegar os antídotos que havia deixado preparados ao seu alcance, e morreu [...] Só a quantidade usada nas fazendas da Califórnia poderia, segundo uma autoridade médica, “fornecer uma dose letal para uma população de cinco a dez vezes maior que a população mundial”. (CARSON, 2010, p. 41)



Figura 6. Fórmula estrutural do parathion

Fonte: Wikipédia

Já o malathion, é quase tão conhecido da população quanto o DDT, sendo amplamente utilizado na jardinagem, como inseticida doméstico e em campanhas públicas de pulverização contra insetos; é considerado o menos tóxico desse grupo de substâncias químicas, porém, a suposta segurança do malathion deve-se ao fato de o fígado dos mamíferos, um órgão com extraordinários “poderes” protetores, torná-lo relativamente inofensivo; a desintoxicação é feita por uma das enzimas do fígado, entretanto, se algo destruir essa enzima ou interferir em sua ação, a pessoa exposta ao malathion recebe toda a força do veneno. O malathion possui massa molar de 330,36 g.mol<sup>-1</sup>, densidade de 1,235 g.cm<sup>-3</sup> a 25 °C, ponto de fusão a 2,85 °C e ponto de ebulição muito alto, é ainda menos solúvel em água que o parathion, cerca de 0,145 g.L<sup>-1</sup> e possui dose letal LD<sub>50</sub> = 1.375 mg.kg<sup>-1</sup> em ratos por ingestão oral (SINTER).

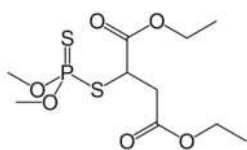


Figura 7. Fórmula estrutural do malathion

Fonte: Wikipédia

[...] quando o malatião e certos outros fosfatos orgânicos são administrados simultaneamente, o resultado é o envenenamento maciço – até cinquenta vezes mais grave do que seria previsível se somássemos as toxicidades dos dois produtos. Em outras palavras, 1/100 da dose letal de cada um dos compostos pode ser fatal quando os dois são combinados [...] Um prato de salada comum pode facilmente apresentar uma combinação de inseticidas baseados em fosfatos orgânicos. Resíduos completamente dentro dos limites legalmente permissíveis podem interagir. (CARSON, 2010, p. 42)

Como já foi dito, o armazenamento dos hidrocarbonetos clorados é cumulativo, iniciando-se com a menor absorção possível, os materiais tóxicos se alojam em todos os tecidos gordurosos do corpo, e quando o organismo recorre a essas reservas de gordura, o veneno pode atacar rapidamente. O tecido adiposo não é só um local para depósito de gordura (aproximadamente 18% do peso corpóreo), mas desempenha muitas funções importantes com as quais os venenos armazenados podem interferir, além disso, as gorduras estão amplamente distribuídas nos órgãos e tecidos de todo o corpo, inclusive sendo componentes das membranas celulares. Portanto, os inseticidas solúveis em gordura são armazenados em células individuais, onde têm condições de interferir nas funções vitais e necessárias da oxidação e da produção de energia.

O mecanismo de produção de energia do corpo é básico não só para a saúde como para a vida, transcende em importância até os órgãos mais vitais, pois, sem o funcionamento harmonioso e eficiente da oxidação produtora de energia, o corpo não conseguiria desempenhar nenhuma de suas funções; entretanto, a natureza de muitos produtos químicos empregados como pesticidas é tal que pode afetar diretamente esse sistema, prejudicando seu admirável mecanismo de funcionamento. A transformação da matéria em energia na célula é um processo de fluxo constante, um dos ciclos de renovação da natureza; o combustível dos carboidratos, na forma de glicose, é introduzido nesse ciclo, a molécula combustível passa por uma fragmentação e uma série de alterações químicas. Poeticamente, Carson compara uma célula viva a uma chama, que queima combustível para produzir a energia da qual a vida depende, “[...] *todos esses bilhões de fogueirinhas ardendo brandamente acendem a energia da vida*”. (CARSON, 2010, p. 173)

A maior parte do processo oxidativo é desempenhado em uma organela denominada mitocôndria, responsável pela respiração celular, as quais, até a década de 1950, eram desprezadas como elementos celulares de função desconhecida e destituída de importância.



Hoje sabe-se que as mitocôndrias são sortimentos variados que incluem todas as enzimas necessárias para o ciclo oxidativo, dispostas em formação precisa e ordenada. Depois que os primeiros passos da oxidação são executados no citoplasma, a molécula combustível é carregada para dentro da mitocôndria, onde a oxidação é completada e quantidades enormes de energia são liberadas. A energia produzida em cada estágio do ciclo apresenta-se em uma forma chamada de adenosina trifosfato (ATP), uma espécie química que contém três grupos fosfato.

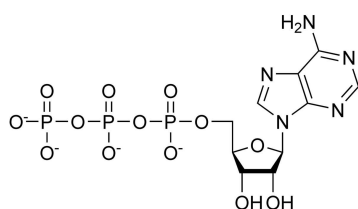


Figura 8. Fórmula estrutural do ATP  
Fonte. Wikipédia

O papel do ATP no fornecimento de energia decorre do fato de que ele é capaz de transferir um de seus grupos fosfato a outras substâncias, dessa forma, a energia liberada na quebra da ligação de fosfoanidrido é transferida para determinada célula realizar seu trabalho. Assim, ocorre um outro ciclo, uma molécula de ATP cede um de seus grupos fosfato e conserva somente dois, tornando-se uma molécula de adenosina difosfato (ADP), mas, como esse processo é um fluxo constante, um grupo livre de fosfato é acrescentado, e o ATP é restaurado, numa reação conhecida como fosforilação acoplada. Porém, se a combinação sofre desacoplamento, perde-se o meio de fornecer energia utilizável; a respiração continua, mas nenhuma energia é produzida. As consequências do desacoplamento poderiam ser desastrosas para qualquer organismo, desde o embrião até o adulto: com o tempo, poderiam levar à morte do tecido ou mesmo do organismo.

A radiação é um desacoplador, e alguns pesquisadores consideram que a morte das células expostas à radiação acontece dessa maneira; uma grande quantidade de produtos

químicos também tem o poder de separar a oxidação da produção de energia, e os pesticidas estão bem representados nessa lista. Como foi dito, cada passo da oxidação é dirigido e promovido por uma enzima específica; quando qualquer uma dessas enzimas é destruída ou enfraquecida, o ciclo da oxidação dentro da célula é interrompido, então, não haverá mais produção de energia, de maneira que o efeito final é muito similar ao desacoplamento.

Numerosos pesticidas, como o DDT, o metoxicloro, o malathion, vários compostos dinitro, entre outros, são inibidores de uma ou mais enzimas relacionadas ao ciclo da oxidação; portanto, essas substâncias aparecem como agentes potencialmente capazes de bloquear todo o processo de produção de energia e de privar as células de oxigênio utilizável; com oxigênio insuficiente, os processos bem ordenados, pelos quais os tecidos crescem e os órgãos se desenvolvem, são perturbados, ocorrem então malformações e outras anomalias.

É inevitável fazer-se um paralelo entre os produtos químicos e as radiações. A célula viva acometido pela radiação sofre uma variedade de danos, pode ter destruída sua habilidade de se dividir normalmente, pode sofrer alterações na estrutura dos cromossomos, ou nos genes, que carregam o material hereditário, pode passar por mudanças súbitas, conhecidas como mutações, que farão que produza novas características nas gerações seguintes; a célula, então, pode morrer de imediato ou, após um período de anos, pode se tornar maligna. Essas consequências das radiações têm sido reproduzidas em laboratório com o auxílio de um grande grupo de produtos químicos conhecidos como radiomiméticos, ou seja, que imitam as radiações. Muitos agentes químicos usados como pesticidas pertencem a esse grupo de substâncias que têm a capacidade de danificar os cromossomos, interferir na divisão celular normal ou causar mutações; esses danos podem induzir doenças no indivíduo exposto ou fazer com que seus efeitos sejam sentidos nas gerações futuras.

A batalha dos seres vivos contra o câncer começou em um meio ambiente natural, onde todo ser vivo que habitava o planeta estava sujeito, para o bem ou para o mal, a

influências que se originavam do sol, das tempestades e da antiga natureza da Terra; alguns dos elementos desse meio ambiente criaram riscos aos quais a vida precisava adaptar-se, sob pena de perecer. A radiação ultravioleta do sol pode causar doenças malignas, isso também acontece com a radiação de certas rochas, ou com o arsênico lavado do solo ou das rochas, que pode contaminar os alimentos ou os reservatórios de água. Com o surgimento do ser humano, a situação começou a mudar, pois é a única entre todas as formas de vida capaz de criar substâncias causadoras de câncer, ou carcinógenas. O meio ambiente natural foi rapidamente substituído por outro artificial, composto de novos agentes químicos e físicos, dos quais muitos apresentam poderosas capacidades de induzir mudanças biológicas; contra esses carcinógenos criados por suas próprias atividades, o ser humano não tinha proteção, pois sua herança biológica havia evoluído lentamente e sua adaptação às novas condições era igualmente lenta.

Uma das teorias mais relevantes sobre a origem das células cancerosas foi desenvolvida no Instituto Max Planck de Fisiologia Celular. Acredita-se que as radiações ou as substâncias químicas cancerígenas agem de forma que destrua a respiração das células normais, privando-as de energia. As células que não são mortas de imediato pelo impacto de tá veneno respiratório lutam para compensar a perda de energia; elas não conseguem dar curso ao ciclo por meio do qual o ATP é produzido, então são forçadas a regressar a um método primitivo e muito menos eficiente, a fermentação. A luta para sobreviver continua por meio das subsequentes divisões celulares, de tal modo que todas as células descendentes empregam esse método anormal de respiração, e uma vez que uma célula tenha perdido sua capacidade de respiração normal, ela não conseguirá recuperá-la. Nessa cansativa luta para recuperar a energia perdida, aquelas células que sobrevivem começam a compensar aumentando a fermentação, é uma luta darwiniana, em que apenas as mais aptas ou adaptáveis sobrevivem; então as células atingem o ponto em que a fermentação consegue produzir tanta

energia quanto a respiração, nesse ponto, pode-se dizer que as células cancerosas são criadas a partir de células saudáveis.

O longo período de latência da maioria dos cânceres é o tempo necessário para o número infinito de divisões celulares durante as quais a fermentação aumenta gradualmente após o dano inicial à respiração; o tempo necessário para que a fermentação se torne dominante varia conforme as diferentes espécies, em virtude dos diferentes ritmos de fermentação. Essa teoria explica também por que repetidas doses pequenas de um carcinógeno são mais perigosas, em algumas circunstâncias, do que uma única dose grande; uma dose grande pode matar as células de imediato, ao passo que as doses pequenas possibilitam que algumas sobrevivam, embora em condição danificada, e essas sobreviventes podem se desenvolver, tornando-se células cancerosas.

A teoria explica também o fato de que um mesmo agente possa ser útil para tratar o câncer e para causá-lo. As células cancerosas já apresentam uma respiração deficiente, assim, quando se danifica ainda mais essas células, elas morrem; já as células normais, que sofrem danos na respiração pela primeira vez, não são mortas, em vez disso, elas seguem o caminho que levará a doenças malignas. Dessa forma, muitos pesticidas podem criar células cancerosas dormentes, nas quais uma malignidade irreversível permanecerá latente e indetectada por muito tempo, até que venha à tona como o que pode ser identificado como um câncer.

Outra causa para o câncer pode ser danos causados aos cromossomos. A célula desenvolve uma mutação que a permita escapar aos controles que o corpo normalmente impõe à divisão celular; dessa forma, ela é capaz de se multiplicar de um modo irregular e incontrolado, as novas células resultantes dessas divisões têm a mesma capacidade de escapar ao controle, acumulando-se e formando um câncer. Os cromossomos em tecidos cancerosos são instáveis, eles tendem a se quebrar ou danificar, seu número pode ser irregular, e pode, inclusive, haver conjuntos duplicados.

O caminho que conduz ao câncer também pode ser indireto, uma substância que não é cancerígena no tecido comum pode perturbar o funcionamento normal de alguma parte do corpo, de modo a provocar o surgimento de condições malignas. Exemplos importantes desse fenômeno são os cânceres do sistema reprodutivo, que podem estar ligados a distúrbios do equilíbrio dos hormônios sexuais; esses distúrbios, por sua vez, podem resultar de algo que afeta a capacidade do fígado de manter um nível adequado desses hormônios. Os hormônios sexuais estão presentes normalmente no corpo e cumprem funções necessárias de estímulo ao crescimento em relação aos órgãos de reprodução; o corpo tem uma proteção interna contra acúmulos excessivos, pois o fígado atua para manter um equilíbrio adequado entre os hormônios femininos e masculinos; contudo, esse equilíbrio não acontece se o fígado for danificado por alguma doença ou alguma substância química, sob essas condições, o estrógeno se acumula atingindo níveis anormalmente altos.

No sentido de propiciar uma educação em química a partir de um sistema aberto de conhecimento, conectado e integrado ao mundo real, pode-se sugerir como possíveis perspectivas pedagógicas, alinhadas com a oferta de educação transdisciplinar embasada pela leitura de textos de grande densidade de informação e de relevância para os problemas e/ou soluções das sociedades contemporâneas, diferentes metodologias alternativas que superam as fragilidades observadas na abordagem disciplinar e reducionista.

Percebe-se, nos momentos da prática docente, que boa parte do trabalho concentra-se nos meios de sensibilização tanto dos estudantes como das comunidades nas quais as instituições de educação básica estão inseridas. Dessa forma, pode-se propor, dentre várias possibilidades, algumas alternativas que se relacionam com a educação transdisciplinar, com a leitura como método e, nesse caso específico oferecido como exemplo, utilizando-se o livro *Primavera Silenciosa*.

### **Produção de material artístico**

Pode ser oferecido aos estudantes a prática de produção de material audiovisual, teatral ou musical como meio de sensibilização da comunidade escolar e dos estudantes, que serão motivados à obtenção de informações científicas, históricas e jornalísticas, como, por exemplo, sobre a Segunda Guerra Mundial, a Revolução Verde e a agricultura convencional contemporânea, tendo como resultado a produção de trabalhos de grande complexidade procedimental e motivadores, no que diz respeito ao protagonismo discentes.

### **Projetos de pesquisa**

As componentes curriculares da educação básica, nesse caso a Química, podem ser estruturadas pelo desenvolvimento de projetos de pesquisa de temas de relevância social e educacional que contribuem para a construção do conhecimento dos estudantes através da leitura de documentos de grande valor conceitual, científico e histórico. Dentre os objetos que se enquadram no presente contexto, é evidente a possibilidade de estudo de temas como a agricultura e a alimentação, levantando-se problemáticas e alternativas sobre os sistemas de manutenção social.

### **Prática escolar / Horta escolar**

O desenvolvimento de hortas escolares oferece diversas alternativas para a construção de conhecimentos e conceitos científicos e de saber popular. As hortas escolares têm sido adotadas como prática pedagógica, se consolidando como espaço transdisciplinar de desenvolvimento humano, técnico e artístico, sendo, de certa forma, uma das metodologias mais poderosas para o estudo das Ciências da Natureza, sem a necessidade de exposição a ambientes pouco saudáveis como os tradicionais laboratórios de química.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante o exposto, pode-se reforçar a ideia de que o livro *Primavera Silenciosa* apresenta uma grande potencialidade para ser utilizado em componentes curriculares da educação básica, especialmente, como é o caso, na educação química. A ideia de transpassar as fronteiras criadas pelas disciplinas através de um sistema aberto de conhecimento, que é o que propõe a abordagem transdisciplinar, pode ser fomentada pela exploração do livro e de seus conteúdos através de indagações, investigações e problematizações acerca do seu tema central – a utilização excessiva de pesticidas e suas consequências na cadeia ecológica e no equilíbrio natural entre as diversas espécies que compõem o ecossistema – sob diferentes ópticas: histórica, econômica, política, química, cultural e ambiental. Além disso, segundo Gonçalves, pode-se enriquecer por meio do uso da literatura em sala de aula a prática de leitura entre os estudantes, e desta forma, favorecer uma formação cultural mais ampla (GONÇALVES, 2014).

A proposta não é a de que o docente seja um professor polivalente ou, no modo informal da língua, um “tudólogo”, mas que proporcione uma educação conectada e integrada a diversas áreas do conhecimento, de maneira não dissociada e considerando-se a complexidade dos fenômenos, e dessa forma, tornar o processo de construção do pensamento científico e crítico o mais natural e integrativo possível.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUICE, P. Y. **Química Orgânica**. 4ª Edição, Volume 2, São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2006.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. [traduzido por Claudia Sant'Anna Martins]. 1ª Edição, São Paulo, Ed. Gaia, 2010.

FERREIRA, J. C. D.; RABONI, P. C. A. **A Ficção Científica de Júlio Verne e o Ensino de Física: Uma Análise de “Vinte Mil Léguas Submarinas”**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 1, pp. 84-103, 2013.

GONÇALVES, P. G. **Experimentação e Literatura: Contribuições para a Formação de Professores de Química**. Química Nova na Escola, v. 36, n. 2, pp. 93-100, São Paulo, 2014.

GUEDES, C. O. *et al.* **Importância das Aplicações da Transdisciplinaridade na Educação Humana**. Revista Graduando, n. 1, pp. 21-32, Jul./Dez. 2010.

<http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/servicos/informacoes-toxicologicas/>. Atualizado em maio de 2017.

[http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha\\_completa1.asp?consulta=MALATION](http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=MALATION)

[http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha\\_completa1.asp?consulta=PARATION](http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=PARATION)

<https://pt.wikipedia.org>

LITTO, F. M.; de MELLO, M. F. **Educação e Transdisciplinaridade**. 1º Encontro Catalisador do CETRANS – Escola do Futuro da USP, Itatiba, 1999.

NICOLESCU, B. **O manifesto da transdisciplinaridade**. São Paulo, Ed. Triom, 1999.

SANTOS, A. **O que é transdisciplinaridade – I e II partes**. Periódico Rural Semanal, UFRRJ, Ago./Set. 2005.

SOLÉ, I. **Estratégias de Leitura**. 6ª Edição, Porto Alegre, Ed. ArtMed, 1998.

ZANETIC, J. **Física e Cultura**. Ciência e Cultura (SBPC), v. 57, n. 3, pp. 21-24, São Paulo, 2005.

ZANETIC, J. **Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas**. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 13 (suplemento), pp. 55-70, Rio de Janeiro, 2006.